

УДК 622.275.5:665.66

На правах рукописи



Колесников

06 АВГ 2009

Колесников Александр Григорьевич

**ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ
ПРОДУКЦИИ СКВАЖИН
ОТ СЕРОВОДОРОДА И МЕРКАПТАНОВ**

Специальность 25.00.17 – Разработка и эксплуатация нефтяных
и газовых месторождений

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Уфа 2009

Работа выполнена в Государственном унитарном предприятии
«Институт проблем транспорта энергоресурсов» (ГУП «ИПТЭР»)

- Научный руководитель – доктор технических наук
Худякова Лариса Петровна
- Официальные оппоненты: – доктор технических наук, профессор
Теляшев Гумер Гарифович
- кандидат технических наук
Эпштейн Аркадий Рувимович
- Ведущее предприятие – Центр химической механики нефти
Академии наук Республики Башкортостан

Защита диссертации состоится 23 июля 2009 г. в 14⁰⁰ на заседании диссертационного совета Д 222.002.01 при ГУП «Институт проблем транспорта энергоресурсов» по адресу: 450055, г. Уфа, пр. Октября, 144/3.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГУП «ИПТЭР».

Автореферат разослан 23 июня 2009 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор технических наук



Л.П. Худякова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы

Ухудшение экологической обстановки в нефтедобывающих регионах во многом связано с ростом содержания сероводорода в продукции скважин. В ряде случаев оно настолько высоко, что серьезно осложняет разработку месторождений.

В промысловых условиях по существующей технологии сероводород обычно удаляется из нефти вместе с газом при сепарации. При этом возможны варианты:

- остаточное содержание сероводорода в нефти после сепарации соответствует требованиям ГОСТа на товарную нефть;
- остаточное содержание сероводорода в нефти после сепарации превышает установленные нормативные показатели, поэтому необходима последующая отдувка сероводорода чистым газом или его нейтрализация.

Попутный газ частично или полностью сжигается на факелах на пунктах подготовки либо передается на подготовку на газоперерабатывающий завод (ГПЗ). Однако ужесточение экологических требований и возрастающая ценность газа в народном хозяйстве требуют активнее внедрять сбор и подготовку попутного газа на всех этапах подготовки продукции скважин с целью его полной утилизации. Разработка технологических схем и выбор способов подготовки попутного газа, содержащего сероводород и меркаптаны, становятся актуальнейшей проблемой.

Для удовлетворения требований охраны окружающей среды в первом случае необходима очистка попутного нефтяного газа от сероводорода и меркаптанов. Во втором случае необходима очистка и попутного газа, и нефти. При этом вариант химической нейтрализации сероводорода предпочтительней, так как он позволяет достичь более глубокой очистки газообразного и жидкого углеводородного сырья.

Существующее многообразие реагентов-нейтрализаторов сероводорода как в нашей стране, так и за рубежом – не только свидетельство актуальности проблемы, но и показатель того, что универсальный реагент и приемлемая тех-

нология очистки для использования непосредственно на месторождениях углеводородного сырья еще не найдены.

Экологическая и промышленная надежность технических решений по обустройству месторождений, в продукции которых содержится сероводород, определяется степенью концентрации процессов на площадке установок подготовки нефти, а также достигаемой при этом автономностью и простотой очистки добываемого сырья от сероводорода и легких меркаптанов.

Цель работы – интенсификация процессов очистки продукции скважин от сероводорода и меркаптанов путем использования отечественных реагент-нейтрализаторов, в том числе совместным воздействием реагентов, теплового поля и поля центробежных сил.

Для решения поставленной цели были сформулированы следующие **основные задачи**:

- выполнить аналитический обзор методов нейтрализации сероводорода в газообразных и жидких углеводородных средах;
- исследовать методы интенсификации процессов очистки продукции скважин от сероводорода и меркаптанов, возможности совместного воздействия теплового и центробежного полей и реагент-нейтрализаторов сероводорода и разработать новые технико-технологические решения;
- провести лабораторные и промысловые исследования эффективности реагент-нейтрализаторов марки «Дарсан-Н» в процессе очистки продукции скважин от сероводорода;
- оценить технические возможности процесса гидроциклонирования для удаления сероводорода и меркаптанов из нефти;
- оценить возможность утилизации продукта насыщения реагента «Дарсан-Н» сероводородом и меркаптанами в качестве биоцида сульфатвосстанавливающих бактерий (СВБ).

Методы решения поставленных задач – анализ и обобщение опыта подготовки нефти и газа в нефтяной и газовой промышленности, теоретические исследования, лабораторные и промысловые испытания на объектах нефтегазовой отрасли.

Научная новизна результатов работы

- Установлен синергизм воздействия реагентов-нейтрализаторов сероводорода в сочетании с тепловым и центробежным полями на процесс очистки продукции скважин от сероводорода.

- Выявлена биоцидная активность продукта насыщения реагента «Дарсан-Н» сероводородом и меркаптанами в отношении сульфатовосстанавливающих бактерий.

- Определены аналитические зависимости критического диаметра газового пузырька и размера газового шнура от параметра, характеризующего степень закрученности потока и коэффициент падения начальной циркуляции, отражающих конструктивные параметры гидроциклона, позволяющие выполнить его расчет. Разработана методика расчета гидроциклонного сепаратора для стабилизации нефти.

На защиту выносятся:

- результаты лабораторных и промысловых исследований воздействия отечественного реагента «Дарсан-Н» на сероводород и серосодержащие соединения продукции скважин, подтверждающие его эффективность, сопоставимую с лучшими мировыми образцами;

- рекомендации по выбору наилучших технологии, соотношения и режима внесения реагента в подготавливаемые компоненты продукции скважин;

- методика расчета длины сливной камеры гидроциклона и гидроциклонного сепаратора;

- метод и схемы комбинированного разделения продукции скважин и очистки нефти с использованием термогидрорегулирования потоков и реагента «Дарсан-Н», обеспечивающие полную очистку попутного газа и достижение нормативных показателей товарной нефти.

Практическая ценность результатов работы

1. Разработаны метод и технологические схемы подготовки попутного газа с полной очисткой его от сероводорода и легких меркаптанов с использованием дешевого и эффективного реагента «Дарсан-Н», позволяющие проводить 100 %-ную утилизацию всех полученных продуктов.

2. Разработаны метод и схема очистки нефти от сероводорода и легких меркаптанов до нормативных показателей как с использованием реагента «Дарсан-Н», так и в комбинации его с меняющимися термодинамическими условиями.

3. При проведении промысловых испытаний на различной продукции ОАО «Югтранзитсервис» и Астраханского ГПЗ установлена возможность эффективного применения реагента «Дарсан-Н» для нейтрализации серосодержащих испарений в системах хранения и ж/д перевозки нефти и нефтепродуктов (конденсата, мазута). Разработаны технологические схемы.

4. Результаты исследований приняты к внедрению в проекте «Система рекуперации паров нефтепродуктов в районе нефтеналивных причалов ОАО «ТМТП» (г. Туапсе).

5. «Дарсан-Н» используется:

- в ООО «АлОйл» (Республика Татарстан) для нейтрализации сероводорода в газе, закачиваемом в пласт;
- в ОАО «Югтранзитсервис» (г. Таганрог) для нейтрализации газа, выделяющегося при разгрузке ж/д цистерн;
- в ООО «Универсальные технологии нефтегазоотдачи» (г. Оренбург) при освоении газовых скважин.

Достоверность результатов проведенных исследований

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций следует из проведенного автором комплекса теоретических, экспериментальных и промысловых исследований. Достоверность полученных автором результатов подтверждается соответствием теоретических выкладок фактическим промышленным данным и результатам экспериментальных исследований.

Апробация результатов работы

- Основные положения и результаты работы докладывались и обсуждались на:
- методических советах, заседаниях секции Ученого совета и семинарах ГУП «ИПТЭР» (2008-2009 гг.);
 - VII Российском энергетическом форуме, г. Уфа, 2007 г.;
 - Международном форуме «Нефтегазсервис-2007», г. Уфа, 2007 г.

Публикации

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 11 научных трудах, в том числе получены 3 патента на изобретения.

Структура и объем диссертационной работы

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, основных выводов и рекомендаций, библиографического списка использованной литературы, включающего 102 наименования. Работа изложена на 122 страницах машинописного текста, содержит 32 рисунка, 24 таблицы.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, сформулированы ее цель и задачи, обозначены основные положения, выносимые на защиту, показаны научная новизна и практическая ценность результатов исследования.

Первая глава посвящена аналитическому обзору способов очистки углеводородного сырья от сероводорода и меркаптанов.

На основе сравнительного анализа литературных данных выявлены современные тенденции и направления развития научно-исследовательских работ в области очистки газообразных и жидких углеводородов от сероводорода и меркаптанов.

Большинство публикаций в этой области относятся к методам очистки углеводородного сырья от кислых газов и меркаптанов при его переработке в заводских условиях. Эти методы достаточно полно изучены, но в большинстве случаев не могут быть адаптированы к промышленным условиям из-за их экономической нецелесообразности при малых объемах обрабатываемой продукции и специфических особенностях установок сбора и подготовки нефти, газа и конденсата.

Показано, что из всего многообразия существующих технологий предпочтение следует отдавать методам химической нейтрализации сероводорода. Эти методы с использованием реагентов нового поколения дают возможность сочетать процесс нейтрализации с получением ценного побочного продукта, например реагентов для ингибирования коррозии нефтепромыслового оборудования. На месторождениях с высоким содержанием сероводорода вариант химической нейтрализации позволяет достичь более глубокой степени очистки.

Во второй главе представлены результаты лабораторных исследований процесса нейтрализации сероводорода и легких меркаптанов реагентом «Дарсан-Н».

Выбор реагента для исследования был продиктован специфичными для промыслов условиями:

- промысловые блоки и технологические аппараты являются рассредоточенными объектами, которые располагаются в районах с недостаточно развитой инфраструктурой и дорожной сетью. Поэтому желательно иметь на месторождении малотоннажные автономные установки, состоящие из блока приготовления нейтрализатора и блока нейтрализации сероводорода;

- промысловые блоки и технологические аппараты размещаются на открытых площадках в различных климатических зонах, что предъявляет особые требования к условиям поставки и хранения реагента;

- продукты химической реакции нейтрализации должны утилизироваться непосредственно на месторождении, желательно с получением положительного эффекта в технологических процессах эксплуатации месторождения;

- процесс нейтрализации должен быть экологически чистым и промышленно безопасным.

Непосредственно к нейтрализаторам сероводорода и легких меркаптанов как к рабочим промысловым агентам предъявляются следующие требования:

- реагент, приготавливаемый в промысловых условиях, должен обеспечивать поглощение сероводорода и легких меркаптанов в широком диапазоне рН, температур и давлений;

- свойства нефти (конденсата), газа, промысловых жидкостей не должны ухудшаться при избытке реагента;

- реакция нейтрализации должна быть полной, быстрой и прогнозируемой, продукты реакции должны быть инертными в очищаемой продукции;

- реагент и продукты его реакции не должны вызывать коррозию нефтепромыслового оборудования;

- реагент должен быть доступен и экономичен для использования в нефтедобывающей промышленности;

- класс опасности реагента должен быть не ниже 3.

На основании вышеприведенных критериев и требований и анализа свойств зарубежных и отечественных аналогов («Эксон Кемикл», «Серво», «Петролайт», «Калан», «Дарсан-Н», «БН-12») для испытания в лабораторных и

промышленных условиях был выбран реагент «Дарсан-Н», физико-химические свойства которого приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-химические свойства нейтрализатора «Дарсан-Н»

Наименование показателя	Норма для марок		Метод испытания
	«Дарсан-Н»	«Дарсан-Д»	
Внешний вид и цвет	жидкость от светло-желтого до коричневого цвета		визуально по ТУ
Температура застывания, °С, не выше	минус 25	минус 20	по ГОСТ 20287
Плотность при 20 °С, г/см ³ , в пределах	1,050...1,100	1,080...1,200	по ГОСТ 3900
Вязкость кинематическая при температуре 20 °С, мм ² /с (сСт)	3,05...7,25	5,86...8,95	по ГОСТ 33

Для предварительного изучения основных параметров процесса применения нейтрализатора «Дарсан-Н» для очистки продукции скважин от сероводорода и легких меркаптанов была сконструирована и изготовлена лабораторная установка. Установка была выполнена из прозрачных материалов и обеспечивала:

- возможность регулирования расхода углеводородного сырья и реагента «Дарсан-Н»;
- измерение с высокой точностью содержания сероводорода и легких меркаптанов в исходном и очищенном продуктах;
- изучение динамики очистки углеводородного сырья от кислых компонентов;
- определение оптимального соотношения сырья и реагента.

Лабораторные испытания эффективности реагента «Дарсан-Н» по очистке попутного газа от сероводорода были проведены на установке подготовки сточной воды (УПСВ) «Вятка» в НГДУ-1 ОАО «Белкамнефть». Схема лабораторной установки показана на рисунке 1.

Газ через штуцер по резиновым шлангам 2 поступает в стеклянную герметичную емкость 4, которая частично заполнена реагентом «Дарсан-Н». Пройдя через слой реагента и прореагировав с ним, газ попадает по резиновым трубкам 5 в газовый счетчик 6 и далее в атмосферу.

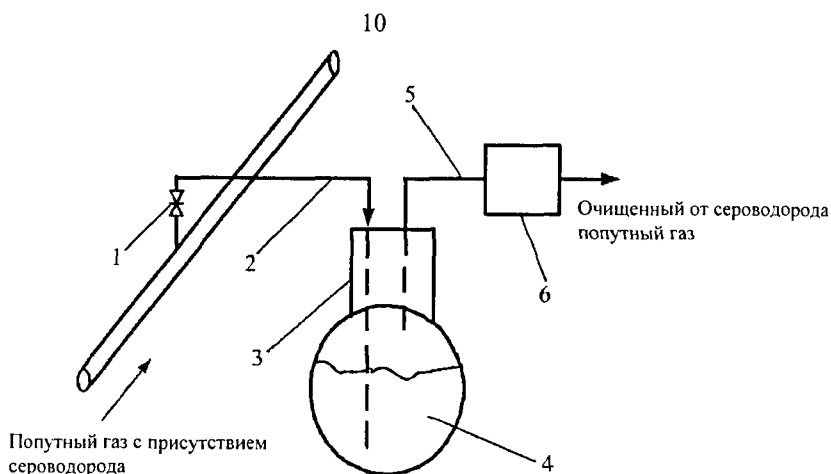


Рисунок 1 – Схема лабораторной установки для проведения испытаний реагента «Дарсан-Н» на УПСВ «Вятка»

Отбирались пробы исходного попутного газа после сепараторов II ступени и периодически при проведении испытаний на выходе из газового счетчика. Анализы проводились переносным десорбером АСЖ-1 по СТП 03-152-96 с помощью индикаторных трубок H_2S - 0,0066 по ТУ 12.43.166-86. В исходном попутном газе содержание H_2S составило 12 г на 1 м^3 газа. В очищенном попутном газе в течение 9 часов эксперимента сероводород не обнаруживался. Через установку было пропущено $2,8 \text{ м}^3$ газа. Дальнейшие визуальные наблюдения показали, что пузырьки газа, поднимаясь вверх, соприкасались только с близлежащими слоями реагента, и в пробах появился сероводород. При периодическом перемешивании реагента в емкости путем ее встряхивания в течение 1,5...2,0 часов происходила полная очистка газа от сероводорода, что фиксировалось десорбером АСЖ-1. В последующем период полной очистки газа после каждого встряхивания уменьшался до 10...25 минут.

Отработанный реагент «Дарсан-Н» (после насыщения его сероводородом) был испытан на биоцидную активность по подавлению сульфатовосстанавливающих бактерий.

Дозировку бактерицида проводили от 100 до 300 мг/дм^3 с интервалом 50 мг/дм^3 . Все посевы проводились на сточной воде установки комплексной подготовки нефти (УКПН) «Ашит», зараженной сульфатовосстанавливающими бактериями.

Для определения биозараженности сточной воды был проведен контрольный посев СВБ без использования бактерицида. Количество СВБ составило 10^4 кл/см³.

Методика проведения испытания сероводородонасыщенного реагента «Дарсан-Н» следующая: сточную воду отобрали в стерильные бутылки, вытесняя несколько объемов воды, закрыли пробкой без пузырька воздуха, герметично задозировали определенное количество реагента (концентрация биоцида в пересчете на объем бутылки составила 100, 150, 200, 250, 300 мг/дм³), выдержали 24 часа при комнатной температуре для подавления сульфатредукции, затем стерильным шприцем отобрали из бутылки 1 мл пробы и ввели во флаконы с питательной средой. Провели три параллельных опыта. После проведения посева все флаконы поместили в термостат с температурой 32 °С и выдержали в течение 15 суток. Рост и развитие клеток СВБ сопровождался образованием сероводорода и хорошо видимого четкого осадка сульфидов железа. Отсутствие осадков сульфида железа свидетельствует о подавляющей концентрации биоцида.

После двухнедельного термостатирования произошло 100 %-ное подавление сульфатредукции при минимальной дозировке бактерицида 300 мг/дм³ при биозараженности 10^4 .

Таким образом, установлено, что реагент «Дарсан-Н» при прохождении через него попутного нефтяного газа поглощает сероводород. Поглощение сероводорода происходит до полного насыщения реагента сероводородом. Высокая степень использования нейтрализующей способности реагента достигается интенсивным массообменом очищаемого газа и нейтрализатора.

Отработанный после очистки газа от сероводорода реагент «Дарсан-Н» способен подавлять рост сульфатвосстанавливающих бактерий в сточной воде УКПН «Ашит» при дозировке его не менее 300 мг/дм³, т.е. может применяться в качестве биоцида.

Лабораторные испытания эффективности работы реагента «Дарсан-Н» по очистке жидкой углеводородной среды от сероводорода были проведены на Астраханском ГПЗ. В качестве аналога маловязкой легкой нефти использовался прозрачный конденсат плотностью 765 г/см³, имеющий в своем составе значительное количество кислых компонентов. В качестве аналога высоковязкой

тяжелой нефти использовался мазут Астраханского ГПЗ, имеющий наибольшее количество сероводорода и легких меркаптанов по сравнению с аналогичным продуктом других заводов.

В результате проведенных экспериментов по очистке попутного нефтяного газа, газового конденсата и мазута от сероводорода и легких меркаптанов показано, что:

- при взаимодействии реагента «Дарсан-Н» с исходным сырьем происходит эффективное снижение содержания сероводорода и легких меркаптанов в очищенном продукте;

- глубина очистки прямо пропорциональна концентрации реагента;

- эффективность очистки повышается при более высокой температуре ведения процесса;

- применение дополнительных контактных диспергирующих устройств способствует повышению эффективности процесса очистки;

- реагент «Дарсан-Н» по эффективности не уступает лучшим зарубежным реагентам фирм «Эксон Кемикл», «Серво», «Петролайт» и значительно превосходит отечественные.

Третья глава посвящена исследованиям нейтрализующей активности реагента «Дарсан-Н» на промысловых и других промышленных объектах.

Первые исследования реагента «Дарсан-Н» проведены на промысловых объектах Илишевского месторождения. Приводятся основные сведения по разработке этого месторождения, принципиальная схема сбора нефти и газа, замеры значений остаточного содержания сероводорода в жидкости и газе.

В результате проведенного эксперимента установлена принципиальная возможность нейтрализации сероводорода в нефти реагентом «Дарсан-Н» в промысловых условиях, при этом достигнуто двукратное снижение содержания сероводорода в добываемой продукции при кратности дозировки реагента порядка 10. Этот результат сопоставим с эффективностью импортного реагента Сульфачек SC-6408 при кратности его дозировки 10...12. Реагент «Дарсан-Н» значительно эффективнее существующих отечественных нейтрализаторов.

На УПСВ «Вятка» НГДУ-1 ОАО «Белкамнефть» были проведены опытно-промышленные исследования по определению эффективности реагента

«Дарсан-Н» в качестве нейтрализатора сероводорода при очистке газа и выявлению его оптимальной дозировки, а также испытание полученного при очистке газа насыщенного сероводородом реагента «Дарсан-Н» в качестве биоцида для подавления роста сульфатовосстанавливающих бактерий в сточной воде.

Эксперименты проводились на газе II ступени сепарации, сбрасываемом на факел. Среднесуточный расход газа II ступени сепарации $Q = 12000 \text{ м}^3$, плотность газа $\rho_r = 1,673 \text{ кг/м}^3$. Содержание сероводорода в попутном газе до очистки $0,7117 \%$ масс. (или в пересчете на плотность газа $\approx 12 \text{ кг/1000 м}^3$ газа).

Для определения оптимального расхода реагента «Дарсан-Н» при очистке попутного газа от сероводорода исследовались соотношения реагента к сероводороду 12; 10; 8; 6; 4 весовых частей реагента на 1 весовую часть H_2S .

Необходимое количество реагента для очистки попутного газа от сероводорода определялось по формуле

$$V = Q \cdot X \cdot C_{\text{H}_2\text{S}} / \rho_{\text{реагента}}, \text{ л},$$

где Q – среднесуточный расход газа, м^3 ; X – весовое соотношение реагента к сероводороду; $C_{\text{H}_2\text{S}}$ – содержание сероводорода в попутном газе в пересчете на плотность газа; $\rho_{\text{реагента}}$ – плотность реагента, кг/м^3 .

На рисунке 2 показана установка для проведения испытаний реагента «Дарсан-Н».

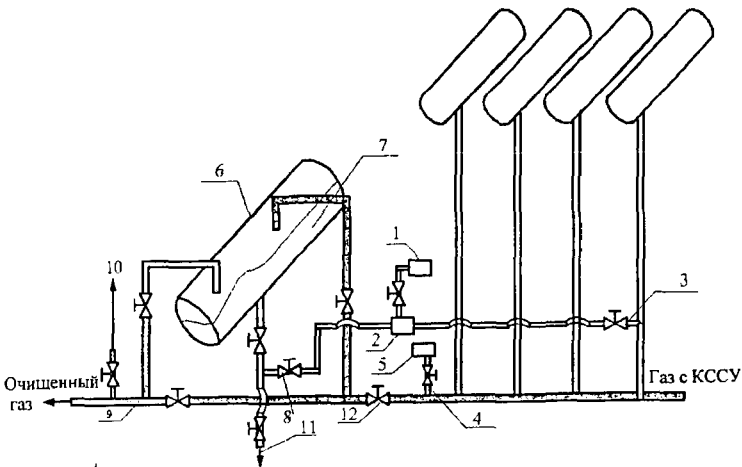


Рисунок 2 – Установка для проведения испытаний реагента «Дарсан-Н»

Газ с КССУ II ступени сепарации поступает по газопроводам в емкость – газосушитель 6. Эксперименты по очистке газа проводились непрерывными сериями по 8...10 часов. Объем реагента готовили пропорциональным запланированному времени эксперимента (таблица 2).

В линию транспортировки попутного газа 3 при помощи насоса 2 закачивается расчетное количество реагента «Дарсан-Н» согласно установленному режиму. Во время закачки реагента, благодаря аэрозольному впрыскиванию, происходит эффективное перемешивание газа с реагентом. По ходу движения газовой смеси реагент, частично сработав, выпадает в нижнюю часть газопровода и поступает в газосушитель 6, где за счет силы тяжести реагент скапливается в нижней части газосушителя в виде конденсата 7.

Из газосушителя очищенный от сероводорода газ по трубопроводам 9 уходит дальше по технологической схеме, а выпавший реагент через запорную арматуру 8 снова поступает на прием насоса и циркулирует по замкнутому циклу до снижения нейтрализующей активности.

По ходу движения газовой смеси в газопроводе через задвижку 4 установлен турбулизатор 5, который производит дополнительное перемешивание газа с реагентом, тем самым повышая эффективность срабатывания реагента.

В процессе закачки газопровод практически полностью заполняется выпадающим в осадок реагентом. Так как сепараторы II ступени находятся значительно выше аварийной емкости, во входном газопроводе аварийной емкости создается гидрозатвор, проходя через который в газе реализуется дополнительный эффект адсорбционной очистки от сероводорода.

Циркуляция реагента «Дарсан-Н» по замкнутой системе происходит до снижения его нейтрализующей активности, что регистрируется в попутном газе на выходе из емкости по появлению сероводорода, для чего каждый час через специальный штуцер отбирается проба газа на наличие в ней сероводорода. Как только циркулирующая в установке расчетная порция реагента отработана, ее сливают, опорожняют газосушитель и закачивают следующую порцию.

Расход реагента при различных режимах испытаний представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Расход реагента «Дарсан-Н»

№ режима	Соотношение реагента с сероводородом	Объем необходимого реагента, дм ³
1	4	532,8
2	6	798,0
3	8	1064,4
4	10	1330,8
5	12	1506,0

Результаты испытаний реагента «Дарсан-Н» по очистке газа от сероводорода при указанных режимах показывают, что реагент «Дарсан-Н» при подаче его в соотношении 8 весовых частей реагента с 1 частью сероводорода обеспечивает полную очистку газа от H_2S .

На рисунке 3 показаны результаты испытаний при величине дозировки реагента в соотношении с сероводородом 8:1.

Отработанный реагент «Дарсан-Н» после насыщения его сероводородом был испытан на биоцидную активность по подавлению сульфатвосстанавливающих бактерий по схеме. Результаты экспериментов совпали с полученными при лабораторных исследованиях и описанными во второй главе.

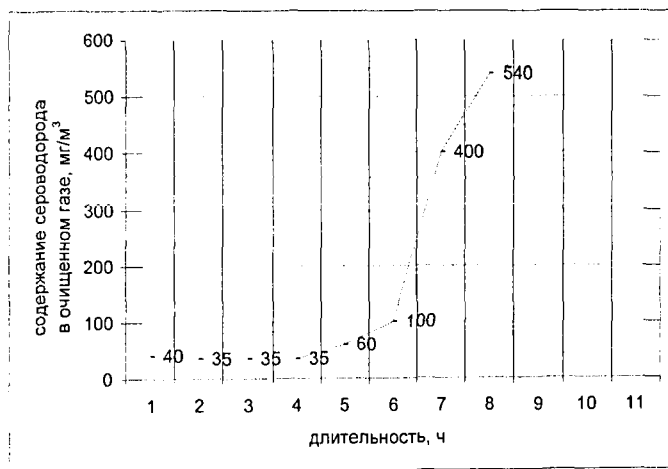


Рисунок 3 – Результаты испытаний при дозировке реагента 8:1

По результатам эксперимента для очистки попутного газа на УПСВ «Вятка» предложена установка, принципиальная схема которой представлена на рисунке 4. Данная установка состоит из вертикальной емкости с внутренним контактным устройством 1. Сверху в емкость в процессе работы подается реагент «Дарсан-Н» 2, а снизу – попутный газ 3. Попутный газ, проходя через реагент, в вертикальной емкости очищается от сероводорода. Для более полного использования реагента выходящий из емкости реагент 4 отправляется в специальную дополнительную емкость 5, в которую подается исходный газ 6.

Отработанный реагент «Дарсан-Н» используется как биоцид для подавления жизнедеятельности сульфатвосстанавливающих бактерий в системе поддержания пластового давления (ППД). Избыток отработанного реагента можно реализовывать в качестве товарного продукта (биоцида).

Таким образом, применение в технологических процессах нейтрализатора сероводорода «Дарсан-Н» позволяет подготовить попутно добываемый газ для использования на собственные нужды или реализации на сторону, снизить загрязнение окружающей среды сернистыми соединениями, исключить сжигание кислого газа на факеле, получить ценный товарный продукт – биоцид.

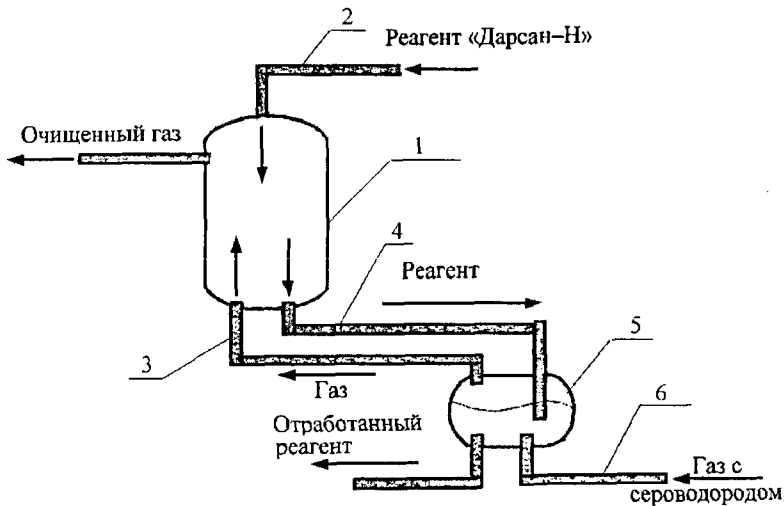


Рисунок 4 – Принципиальная схема установки по очистке газа

Приводятся данные по опытно-промышленным испытаниям реагента «Дарсан-Н» при очистке газа от сероводорода в системах сбора продукции удаленных скважин и малодобитных месторождений.

При добыче нефти на удаленных скважинах или малодобитных месторождениях их обустраивают по индивидуальной схеме сбора. Подобные объекты обычно имеют низкие газовые факторы, причем газ является низкокалорийным, в его составе отмечается высокое содержание азота при значительном содержании сероводорода. Зачастую газ трудно сжигать на факеле и его направляют на свечу рассеивания. Нефть с таких месторождений вывозится автотранспортом.

Единственным возможным вариантом защиты атмосферного воздуха на подобных объектах является химическая нейтрализация сероводорода в газе, направляемом на свечу рассеивания или факел. Предложен метод для ее осуществления. Испытание его на промыслах затруднительно из-за нестабильной работы скважин и сложности осуществления контроля за состоянием воздушной среды в условиях пробкового режима течения газожидкостной смеси, поступающей в сепаратор.

С целью обеспечения точности и достоверности эксперимента по испытанию метода эксперименты были проведены на сливных эстакадах ОАО «Югтрансисервис». Расход реагента, обеспечивающий 100 %-ное улавливание всего сероводорода и меркаптанов в мазуте и их отсутствие в воздушной среде, составляет до 60 кг на 1 цистерну.

В главе излагаются результаты опытно-промышленных испытаний технологии очистки мазута от сероводорода и легких меркаптанов с использованием реагента «Дарсан-Н» на Астраханском ГПЗ. Мазут в данном эксперименте является аналогом высоковязких нефтей. Установлено, что время очистки высоковязких углеводородных сред в 3...5 раз больше, чем для очистки маловязкого продукта. Перемешивание, подогрев ускоряют процесс и углубляют степень очистки.

В четвертой главе рассмотрены вопросы интенсификация процессов разделения и очистки продукции скважин от сероводорода и меркаптанов гидроциклонированием.

В результате лабораторных и промысловых исследований показано, что реагент «Дарсан-Н» является эффективным нейтрализатором сероводорода и

легких меркаптанов в жидких и газовых средах. Процесс нейтрализации можно интенсифицировать, если заменить принятое на промыслах гравитационное разделение газожидкостных смесей на разделение в вихревых аппаратах. Подобный эффект может достигаться при использовании известных в нефтяной промышленности гидроциклонов. Гидроциклон является одним из наиболее оптимальных блочных аппаратов для стабилизации нефти на установках подготовки. Однако следует учесть, что интенсивность гидроциклонирования не должна превышать некоторых критических значений, чтобы избежать дробления пузырьков и уменьшить отрицательное влияние дробления на сепарацию в гидроциклоне.

В гидроциклоне, используемом для очистки нефти путем удаления сероводорода и меркаптанов, переход их из закрученного потока жидкости в центр вращения потока (парогазовый шнур) осуществляется за счет:

- механической сепарации пузырьков газа, выделившихся из жидкости до входа в гидроциклон за счет смещения термодинамического равновесия;
- диффузного переноса из жидкости в газовые пузырьки внутри гидроциклона и их последующего выделения в парогазовый шнур;
- образования газовых пузырьков за счет изменения коэффициента фазового равновесия системы «газ (пар) – жидкость» и их последующего выделения в центр вращения потока.

В главе представлены результаты аналитических исследований действия сил в гидроциклоне, механизма дробления пузырьков газа. Установлены зависимости критического диаметра газового пузырька газа и размера газового шнура от параметра

$$\Lambda = \frac{Q}{\pi \Gamma r_{cn}},$$

характеризующего степень закрученности потока и коэффициент падения начальной циркуляции Γ , отражающих конструктивные параметры гидроциклона, позволяющие выполнить его расчет:

$$\varphi = 9,67 \left(\frac{r^*}{r_k} \right)^{1,58} \left(\frac{H}{r_k} \right)^{-0,32} \operatorname{tg} 2\alpha,$$

где r_{cn} – радиус сливного патрубка; H , α – геометрические характеристики гидроциклона; r_k – радиус цилиндрического канала.

Предложена методика расчета гидроциклонного сепаратора.

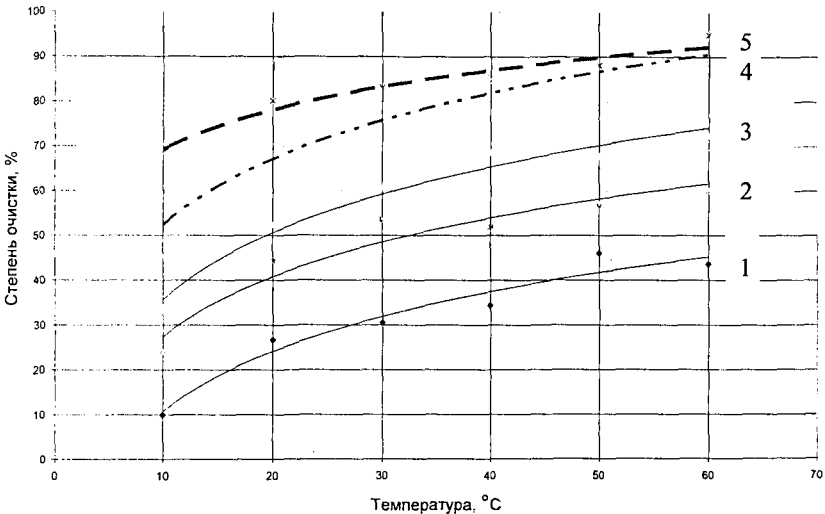
На основе выполненных научных исследований и анализа применяемых при очистке углеводородного сырья способов, технологий, технологических схем, устройств автором сделан ряд предложений, обеспечивающих интенсификацию процессов разделения продукции скважин и удаления сероводорода и меркаптанов. Одним из них является способ удаления и нейтрализации сероводорода и меркаптанов при комбинированной обработке гидроциклонированием с нагревом и обработкой реагентом «Дарсан-Н».

Особенностью технологической схемы, реализующей способ, является наличие гидроциклона, в котором обеспечивается предварительный нагрев продукции за счет снабжения его нагревательным устройством, осуществляющим нагрев с помощью электроэнергии. Кроме того, гидроциклонный элемент выполнен так, что на расстоянии $1/3$ от основания конической части угол конусности уменьшается на 30 %. По сравнению с традиционными гидроциклонными элементами это изменение конструкции позволило интенсифицировать процесс гидроциклонирования за счет увеличения степени разрежения в центре газового шнура. Применение усовершенствованной конструкции гидроциклона увеличивает величину разрежения приблизительно на 15...20 % и обеспечивает создание устойчивого парогазового шнура в центре вращения потока.

Непосредственный нагрев продукции в гидроциклонном элементе дает возможность более полного удаления сероводорода и меркаптанов с одновременным уменьшением потерь углеводородов. Для улавливания капельной жидкости парогазовую смесь направляют в емкость-накопитель и далее в конденсатор-холодильник. Стабильную продукцию скважин после удаления из нее в результате гидроциклонирования значительной части сероводорода и меркаптанов откачивают насосом, на прием которого подают реагент-нейтрализатор. В конденсаторе-холодильнике тяжелые фракции легких углеводородов выделяют в виде конденсата и подают вместе с другими газами в бензосепаратор, в котором происходит гравитационное отделение сероводорода и меркаптанов с «сухими» газами от жидкости. Выделившийся в бензосепараторе сероводород и меркаптаны вместе с «сухим» газом подают в низ массообменной объемной насадки, выполненной из регулярной проволочной насадки и постоянно сма-

чиваемой реагентом. Продукты нейтрализации сероводорода и меркаптанов вместе со сточными водами подают на кустовые насосные станции (КНС) с целью поддержания пластового давления и подавления роста сульфатовосстанавливающих бактерий. Углеводородные газы и конденсат направляют потребителям.

Апробирование этого способа производилось на установке нефтесборного пункта «Алаторка» ООО «Башминерал». Там же были проведены опытно-промышленные испытания комбинированной системы сероочистки, в которых исследовались различные сочетания интенсифицирующих факторов: подогрева, наличия гидроциклона, реагента. Результаты исследований представлены на рисунке 5.



1 — в емкости с нагревом; 2 — в емкости с нагревом и нейтрализатором; 3 — в гидроциклоне; 4 — алгебраическая сумма эффектов очистки в гидроциклоне с нагревом и нейтрализатором; 5 — фактический эффект очистки в гидроциклоне с нагревом и нейтрализатором

Рисунок 5 — Степень очистки нефти от сероводорода в зависимости от температуры

Испытания показали, что эффект совместного воздействия теплового и центробежного полей и реагентов-нейтрализаторов сероводорода выше, чем ал-

гебраическая сумма эффектов очистки в гидроциклоне, нагрева и нейтрализации реагентом.

Таким образом, установлен синергизм воздействия реагентов-нейтрализаторов сероводорода в сочетании с тепловым и центробежным полями на процесс очистки продукции скважин от сероводорода.

Применение гидроциклонов способствует раннему и более глубокому разделению продукции скважин.

Для нефтесборного пункта «Алаторка» ООО «Башминерал» предложена технологическая схема, реализующая комбинированный способ сероочистки углеводородного сырья.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Выполнив аналитический обзор методов подготовки продукции скважин, установлено:

- наименее разработанными являются вопросы подготовки попутного газа, включающие как выбор метода, так и подбор реагентов;

- опыт заводской очистки углеводородного сырья от сероводорода и легких меркаптанов в большинстве случаев не может быть адаптирован к промышленным условиям из-за экономической нецелесообразности при малых объемах обрабатываемой продукции и специфических особенностей установок сбора и подготовки нефти, газа и конденсата;

- наиболее приемлемым методом очистки углеводородного сырья от сероводорода и легких меркаптанов на месторождениях нефти, содержащих сероводород, является вариант химической нейтрализации универсальными реагентами, действующими как в жидкой среде различной вязкости, так и в газовой среде.

2. Результаты лабораторных исследований эффективности реагента «Дарсан-Н» показали:

- при взаимодействии реагента «Дарсан-Н» с исходным сырьем происходит эффективное снижение содержания сероводорода и легких меркаптанов в очищенном продукте;

- глубина очистки прямо пропорциональна концентрации реагента;

- эффективность очистки повышается при более высокой температуре ведения процесса;

- применение дополнительных контактных диспергирующих устройств способствует повышению эффективности процесса очистки.

3. В результате выполненных промышленных исследований установлено:

- реагент «Дарсан-Н» при подаче его в соотношении 8 весовых частей реагента с 1 частью сероводорода обеспечивает полную очистку газа от H_2S , что позволяет его полную утилизацию. По результатам эксперимента для очистки попутного газа на УПСВ «Вятка» предложена принципиальная схема абсорбционной установки;

- для активации действия реагента необходимо его постоянное движение, т.е. необходимо обеспечение тесного контакта очищаемого газа и реагента. Процесс нейтрализации сероводорода осуществляется более эффективно, если смесь продукта и реагента турбулизовать в потоке, что может быть осуществлено за счет применения вихревых аппаратов – гидроциклонов.

4. Определены аналитические зависимости критического диаметра газового пузырька и размера газового шнура от параметра, характеризующего степень закрученности потока и коэффициент падения начальной циркуляции, отражающих конструктивные параметры гидроциклона, позволяющие выполнить его расчет. Предложены методика расчета гидроциклонного сепаратора и технологическая схема с использованием усовершенствованной конструкции гидроциклона.

5. Предложены новые технико-технологические решения по интенсификации процессов очистки продукции скважин от сероводорода и меркаптанов путем совместного воздействия теплового и центробежного полей и реагенто-нейтрализаторов сероводорода. Разработаны технология и схема комбинированного разделения продукции скважин и очистки ее компонентов от сероводорода и меркаптанов с использованием термогидрорегулирования потоков и обработки реагентом «Дарсан-Н», обеспечивающие достижение нормативных показателей.

6. Установлено, что отработанный после очистки газа от сероводорода реагент «Дарсан-Н» способен подавлять рост сульфатовосстанавливающих бак-

терий в сточной воде УКПН «Ашит» при дозировке его не менее 300 мг/дм³, т.е. может применяться в качестве биоцида.

7. При проведении промысловых испытаний на различной продукции ОАО «Югтранзитсервис» и Астраханского ГПЗ установлена возможность эффективного применения реагента «Дарсан-Н» для нейтрализации серосодержащих испарений в системах хранения и ж/д перевозки нефти и нефтепродуктов (конденсата, мазута).

Основные результаты работы опубликованы в следующих научных трудах:

1. Бийбулатов А.М., Колесников А.Г., Ахсанов Р.Р. Механизм удаления сероводорода и меркаптанов из нефти гидроциклонированием // Нефтегазовый сервис – ключ к рациональному использованию энергоресурсов. Матер. научн.-практ. конф. 14-15 ноября 2007 г. – Уфа, 2007. – С. 224-231.

2. Ахсанов Р.Р., Колесников А.Г. Удаление и нейтрализация сероводородов и меркаптанов гидроциклонированием // Нефтегазовое дело. – 2008. – Т. 6. – С. 212-215.

3. Костилевский В.А., Ахсанов Р.Р., Колесников А.Г. Расчет гидроциклонного сепаратора для стабилизации нефти // Проблемы освоения трудноизвлекаемых запасов нефти и газа. – 2008. – Вып. V. – С. 307-313.

4. Костилевский В.А., Караченцев В.Н., Колесников А.Г., Ахсанов Р.Р. Механизм разделения неоднородных систем в гидроциклонах // Роль науки в развитии топливно-энергетического комплекса. Матер. научн.-практ. конф. 24 октября 2007 г. в рамках VII Российского энергетического форума. – Уфа, 2007. – С. 14-15.

5. Бийбулатов А.М., Ахсанов Р.Р., Колесников А.Г. Интенсификация процесса получения легких углеводородов гидроциклонированием продукции скважин // Роль науки в развитии топливно-энергетического комплекса. Матер. научн.-практ. конф. 24 октября 2007 г. в рамках VII Российского энергетического форума. – Уфа, 2007. – С. 74-76.

6. Пат. 2341722 РФ, МПК F 17 D 1/08. Герметизированная установка сбора и подготовки продукции скважин / Р.Р. Ахсанов, А.М. Бийбулатов,

24

39

А.Г. Колесников, В.Н. Караченцев, А.Г. Латипов (РФ). – 2007119738; Заявлено 28.05.2007; Опубл. 20.12.2008; Бюл. 35.

7. Пат. 68093 РФ, МПК F 17 D 3/05. Установка подготовки нефти / Р.Р. Ахсанов, А.М. Бийбулатов, А.Г. Колесников, В.Н. Караченцев, А.Г. Латипов (РФ). – 2007119738; Заявлено 25.05.2007; Опубл. 10.11.2007; Бюл. 31.

8. Патент (положительное решение) МПК C 10 G 29/50. Способ удаления и нейтрализации сероводорода и меркаптанов и установка для его осуществления / А.И. Бийбулатов, Р.Р. Ахсанов, А.Г. Колесников (РФ). – 2351633; Заявлено 21.06.2007; Опубл. 10.04.2009; Бюл. 10.

9. Коханчиков Л.А., Андрианов В.М., Колесников А.Г. Установка для подготовки сероводородсодержащей нефти к транспорту // НТЖ «Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов» / ИПТЭР. – 2009. – Вып. 2(76). – С. 35-38.

10. Колесников А.Г., Коханчиков Л.А. Очистка углеводородного сырья от сероводорода и легких меркаптанов // НТЖ «Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов» / ИПТЭР. – 2009. – Вып. 2(76). – С. 39-42.

11. Карамышев В.Г., Костилевский В.А., Колесников А.Г. Улавливание нефти из потока пластовых вод // НТЖ «Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов» / ИПТЭР. – 2008. – Вып. 2(72). – С. 7-10.

Фонд содействия развитию научных исследований.

Подписано к печати 19.06.2009 г. Бумага писчая.

Заказ № 240. Тираж 100 экз.

Ротапринт ГУП «ИПТЭР». 450055, г. Уфа, пр. Октября, 144/3.